مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال چهاردهم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، شمارهٔ پیاپی ۲۷

DOI: 10.22067/geography.v14i2.47016

تحلیل فضایی گرد وغبار در شمال شرق ایران

رضا دوستان (استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)
doostan@um.ac.ir

صص ۹۰ ـ ٦٧

چکیده

اهداف: گردوغبار پدیدهٔ طبیعی اقلیم مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، خاورمیانه و ایران است. در این مقاله، رفتار زمانی و مکانی این مخاطرهٔ طبیعی در شمال شرق ایران با دادهٔ ساعتی دید افقی، جهت و سرعت باد ۱۰ ایستگاه سینوپتیک از ۱۹٦۱ تا ۲۰۱۰ بررسی شد.

روش: با شاخص دید کمتر از ۱۰ کیلومتر و ثبت کد هواشناسی٠٦ـ٠٩ و۳۰ـ۳۵ در یک نوبت دیده‌بانی، روز گردوغبار تعریف گردید. فراوانی ماهانه، فصلی، سالانه، تداوم، درصد وقوع، مسیر ورود و رژیم ساعتی گردوغبار در هر ایستگاه، تعیین شد.

یافته‌ها/نتایج: بیشینهٔ گردوغبار در نواحی شرق، غرب و جنوب خراسان رضوی و ناحیهٔ مرکز تا شمال، کمترین گردوغبار را تجربه می‌کنند. سرخس، غبارآلوده‌ترین و قوچان و کاشمر، پاک‌ترین هوا را دارد و بیشترین تداوم گردوغبار در سرخس و مشهد حادث می‌گردد. بیشترین ثبت گردوغبار منطقه در ساعت ۱۲ و ۱۵ گرینویچ، به‌جز سرخس که در ساعت ٦ است و کمترین گرد وغبار منطقه در شب می‌باشد. مسیر عمدهٔ گردوغبار، بیابان ترکمنستان و شرق منطقه با جهت شرقی، شمال و شمال‌غربی است و در زمستان با ناپایداری هوا و موقعیت سیکلون‌ها، گردوغبار از غرب می‌وزند. بنابراین برنامه‌های مؤثّر روی کانون‌های ریزگرد شمال‌شرقی و شرق منطقه، جهت مدیریت ریسک و بحران گردوغبار مفید است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل فضایی، گردوغبار، خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/٠۳/٠۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/٠٤/٠۹

مقدّمه

مخاطرات طبیعی هرساله خسارات زیادی در نقاط مختلف کرهٔ زمین به‌همراه دارند. از گذشته تاکنون، یکی از مهم‌ترین این مخاطرات در مناطق مختلف جهان و حاشیهٔ بیابان‌ها با اقلیم خشک و نیمه‌خشک ازجمله خاورمیانه، گردوغبار است. وقوع این پدیده در ایران با اقلیم خشک و نیمه‌خشک با دو بیابان بزرگ(لوت و کویر) و نزدیکی به بیابان گرم عربستان، جنوب عراق، سوریه، صحرا و بیابان سرد قره‌قوم در شمال شرق، طبیعی است. گردوغبار با خسارت جانی، مالی و طبیعی، ازجمله کاهش دید افقی و لغو پرواز، تصادفات، بیماری ریوی و چشمی، تعطیلی کار، آلودگی هوا، کاهش کیفیت منابع آبی و آسیب به بخش کشاورزی و... همراه است. با افزایش سرعت باد مرتبط با شرایط جو و سطح زمین، ذرّات از سطح بیابان، کویر و تالاب خشک، وارد جو شده و جابه‌جا می‌شوند. هرساله مقادیر زیادی ذرّات معلّق و خاک از مناطق کویری، تالاب‌ها و دریاچه‌های خشک به مناطق حاشیه و یا دورتر منتقل می‌گردند. طبیعتاً شهرها و مناطق نزدیک به کویر و بیابان خشک، بیشتر در معرض گردوغبارند. با افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و افزایش حمل‌ونقل هوایی ـ زمینی، گردوغبار به‌عنوان یک رخداد اقلیمی تأثیرگذار، برنامه‌ریزان منطقه‌ای، ملّی و شهری را با مشکل همراه می‌سازند. امروزه شرایط نامناسب جوّی در ایران با ورود گردوغبار به شهرها گزارش می‌شود؛ ازجمله توفان تیرماه ۱۳۸۸ در ۱۸ استان که ذرّات معلّق از بیابان‌های سوریه و عراق تا تهران پیشروی کردند، به‌طوری‌که میزان ذرّات معلّق با ۴۶۰ پی‌پی‌ام[1]، بالاترین رکورد ثبت آلاینده در تهران بود(رنجبر سعادت‌آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱، ص.۷۳). برآورد زیان-های اقتصادی گردوغبار غرب ایران(ایلام، خوزستان و کرمانشاه) از ۱۳۸۵ـــ۱۳۹۰، ۲۲۲۷ میلیون دلار در سناریوی اوّل تا ۱۳۳۶۱ میلیون دلار در سناریوی چهارم و در سال ۱۳۸۸، هر روز تعطیلی براساس ارزش‌افزودهٔ استانی، ۱۴۲ میلیون دلار و برمبنای ارزش‌افزودهٔ کشوری، ۶۶ میلیون دلار مجموعاً در سه استان، محاسبه گردید(خالدی، ۱۳۹۲، ص. ۱۰۵).

جغرافی‌دانان با شناسایی الگوی منظّم فضایی و زمانی، به برنامه‌ریزان در کاهش خسارت و مدیریت ریسک(اقدامات پیش از بروز مخاطره) کمک می‌کنند. مطالعهٔ گردوغبار در مناطق مختلف جهان و ایران، ازجمله انگلستادتر(۲۰۰۳)، شاخص تراکم پوشش گیاهی و ساختار

1. Parts per million(ppm)

گیاهان را عامل اصلی وقوع توفان، شدّت و ضعف آن می‌داند؛ چراکه گردوغبار اروپا و انگلستان مرتبط با توفان مناطق خشک شمال آفریقا است(گودی و میدلتون[1]، ۲۰۰۱، ص. ۱۷۹). هرساله ۱۰۸ تُن ذرّات گردوغبار به جو وارد شده که بیشترین سهم را آفریقا داراست(کوتیل و فورمن[2]، ۲۰۰۳، ص. ٤۱۹) و بیابان ربع‌الخالی عربستان، مناطق پست کرانهٔ دجله‌وفرات و سواحل عمان، کانون اصلی تولید گردوغبار خاورمیانه هستند(پراسپر، گینوس، تررس، نیکلسون، و گیل[3]، ۲۰۰۲، ص. ۱). بیابان گبی با ۲۰ـــ۳۷ روز توفان و ٦۱ـــ۱۲۱ روز گردوغبار در سال، و مناطق کوهستانیِ ختنی، خانگای و آلتای ٥ روز توفان و کمتر از ۱۰ روز گردوغبار دارند که بیشینهٔ گردوغبار در بهار با ٦٥ درصد در روز و ۳٥ درصد در شب حادث می‌گردد(ناتسادورج، جوگدر، و چونگ[4]، ۲۰۰۳، ص. ۱٤۰۱). در جنوب شرقی مدیترانه گردوغبار از اکتبر تا می، با بیشینهٔ مارس، افزایش سالانه دارند(دایان، زیو، شول و انزل[5]، ۲۰۰۸، ص. ۹۱٥). طی دو دههٔ اخیر، گردوغبار در کره، افزایش ۱۰روزه در سال با بیشینهٔ بهار، از رودخانهٔ زرد و دشت منچوری دارد(چون، انبو، کیم، پارک، و لی[6]، ۲۰۰۱، ص. ۱۸٤٦۱).

در ایران نیز روند معنی‌دار گردوغبار غرب گزارش شد(رسولی، ساری صرّاف، و محمّدی، ۱۳۹۰، ص. ۱): زابل با میانگین ۱۸۳ روز توفان، بیشترین میزان را دارد و زاهدان، بوشهر، طبس، بندرعبّاس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز در مرتبهٔ بعد قرار دارند. بیشینهٔ ماهانه در جولای و کمترین رخداد در دسامبر(فرج‌زاده اصل و علیزاده، ۱۳۹۰، ص.٦٦) است. همچنین منبع عمدهٔ غبار توفان تیرماه ۱۳۸۸، بیابان شرق سوریه و شمال‌غربی عراق (رنجبر سعادت‌آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱، ص. ۷۳) است. بیشترین و کمترین توفان‌های سیستان از ۱۹۷۹ـ۲۰۰۸ به‌ترتیب در ژوئن و دسامبر، حادث می‌گردد(علیجانی و رئیس‌پور، ۱۳۹۰، ص. ۱۰۷) و بیشترین و کمترین گردوغبار خوزستان، در مسجدسلیمان با ۱۰٤٤ روز و شوشتر با ٥۳۳ روز است(جوهری، اونق، حسینعلی‌زاده، و عظیم‌حسینی، ۱۳۹۳، ص. ۱). بیشترین توفان در ماه مارس با میانگین ۱۲ روز توفان در ایران و ماه جولای در زابل با ۲٦ روز، در ساعت

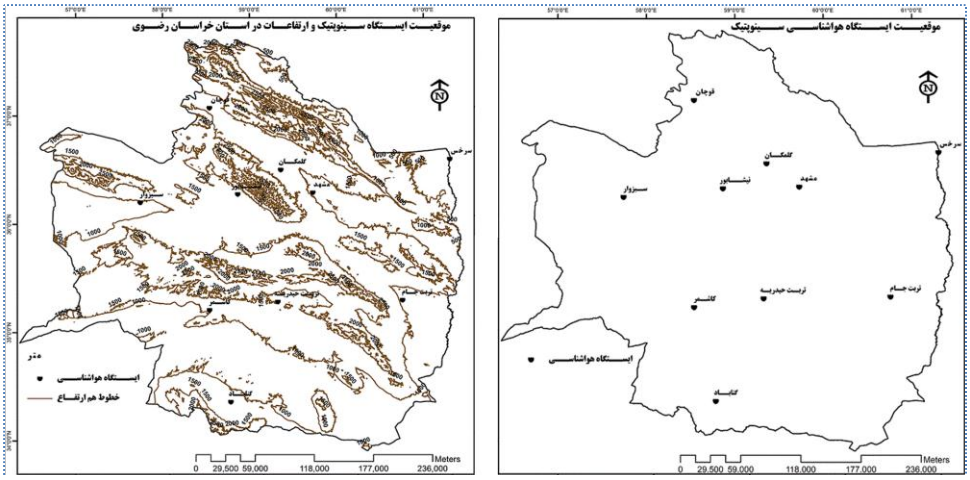
1. Goudie & Midelton
2. Kutiel & Furman
3. Prospero, Ginoux, Torres, Nicholson & Gill
4. Natsagdorj, Jugder & Chung
5. Dayan, Ziv, Shoob & Enzel
6. Chun, Onboo, Kim, Park & Lee

۱۲ با میانگین ۶۰۹ روز ـ به‌جز زابل با ۸٤۱ توفان در ساعت ٦ ـ حادث شد(فرج‌زاده و رازی، ۱۳۹۰، ص.۲۲). سبزوار با ۱۷ گردوغبار در سال، بیشترین گردوغبار را در بهار تجربه می‌کند(امیدوار و نکونام،۱۳۹۰، ص. ۸۵). در یزد ۷۷ درصد باد شدید از جهت ۲۵۰ تا ۳۳۰ درجه با سرعت ۱۵ـ۲۹ متر بر ثانیه و در فروردین و اردیبهشت (امیدوار، ۱۳۸۹، ص.۸۳) دشت یزدـ اردکان با حرکت ماسه از جهت شمال‌غربی همراه است(اختصاصی، احمدی، خلیلی، صارمی نایینی، و رجبی، ۱۳۸۵، ص. ۵۳۳). ۱٦۲ توفان از ۱۳۵۹ــ۱۳۸۸ در سیستان ثبت شد که سه توفان خیلی شدید با سرعت ٤۰ متر بر ثانیه، بیشینه در تیرماه، کمترین در دی‌ماه و جهت غالب، شمال و شمال‌غربی است(طاووسی و رئیس‌پور، ۱۳۸۹، ص. ۹۳).

در نیمهٔ غربی ایران از ۱۹۹۰ـ۲۰۰۹، گردوغبار از جنوب به شمال و از غرب به شرق کاهش دارد: بیشترین گردوغبار در خوزستان، دزفول با ۱۸٦۱ و خوی با ٤۲ گردوغبار به‌ترتیب بیشترین و کمترین وقوع در غرب و بیشینهٔ گردوغبار سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹، کرمانشاه است(یاراحمدی و خوش‌کیش، ۱۳۹۲، ص. ۲۱۱) و دو مرکز بحرانی گردوغبار در جنوب غرب از ۱۹۷۹ـ۲۰۰۸، دزفول و بوشهر، بیشترین در بهار، کمترین در دسامبر، بیشینهٔ گردوغبار در ٦ تا ۹ بعدازظهر ثبت گردید. مناطق مرزی سوریه ـ عراق، جنوب و جنوب غرب عراق، شرق و شمال شرق عربستان، به‌ترتیب مناطق عمدهٔ غبار غرب ایران هستند(عزیزی، میری و نبوی، ۱۳۹۱، ص. ٦۳). در ادامه، به‌منظور تعیین الگوی فضایی گردوغبار استان خراسان رضوی، توزیع مکانی، تداوم، مسیر ورود و رژیم ساعتی گرد وغبارها مشخّص می‌گردد.

منطقهٔ موردمطالعه: خراسان رضوی در شمال‌شرقی ایران با طول جغرافیایی ٥٦ درجه و ۱۵ دقیقه تا ٦۱ درجه و ٤٥ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ٥۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و٤۰ دقیقهٔ شمالی قرار دارد. این استان از جنوب به خراسان جنوبی و یزد، از غرب به سمنان، از شمال به خراسان شمالی و از شرق با کشور افغانستان هم‌مرز است. ارتفاعات هزارمسجد، کپه‌داغ و بینالود در شمال با جهت شمال‌شرقی ـ جنوب‌شرقی و ارتفاعات پراکندهٔ دیگر با جهت شرقی در مرکز و جنوب‌شرقی در مرکز و جنوب وجود دارند. سرخس کم‌ارتفاع‌ترین در شمال‌شرقی، کویر بجستان در جنوب‌شرقی و دشت کویر در غرب قرار دارند. از شمال به جنوب از ارتفاع کاسته شده و دشت هموار و حاصلخیز در بین ارتفاعات و حواشی آنها قرار دارند.

روش‌شناسی تحقیق: الگوی مکانی جامع گردوغبار(گردوغبار، تداوم، مسیر ورود و رژیم ساعتی)، با مراحل زیر انجام شد: ابتدا داده‌های ساعتی دید افقی[1]، سرعت باد[2] و جهت بادِ[3] ایستگاهای سینوپتیک قوچان، گلمکان، سرخس، مشهد، نیشابور، سبزوار، کاشمر، تربت‌حیدریه، تربت‌جام و گناباد از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی ایران دریافت شد.



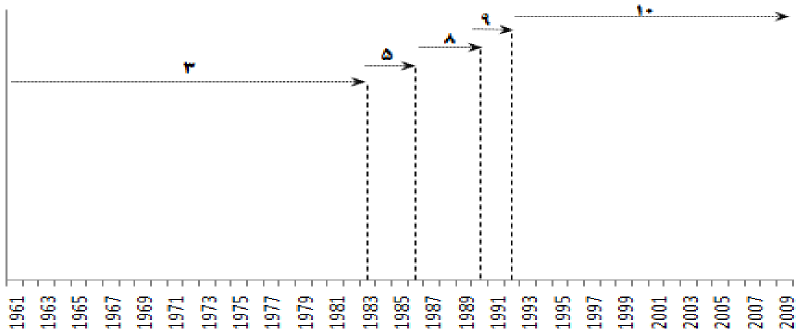
شکل ۱ــ موقعیت جغرافیایی و طبیعی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خراسان رضوی

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۵

روزِ همراه با گردوغبار، روزی که دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر داشته باشد با کد دیده‌بانی[4] ۰۶ـ۰۷ـ۰۸ـ۰۹ و ۳۰ـ۳۱ـ۳۲ـ۳۳ـ۳۴ـ۳۵ مشخّص شد (جدول ۱). روز گردوغبار، روزی که در ۸ نوبت دیده‌بانی، در یک نوبت و بیشترین میزان دید افقی، به مقدار مذکور ثبت شده بود. شناسایی رفتار فضایی و زمانی گردوغبار با دادهٔ ایستگاه از بدو تأسیس تا ۲۰۱۰ برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک مبنا بود. در این مرحله تعداد روز گردوغبار با توجّه به شاخص، تعیین شد. بنابراین فراوانی سالانه، فصلی و ماهانه، محاسبه و به‌منظور تعیین پراکنش فضایی با توجّه به تعداد گردوغبار و دورهٔ ثبت در هر ایستگاه و درصد وقوع روز گردوغبار در سال،

1. Vertical Visibility(VV)
2. Wind Speed(FF)
3. Wind Direction(DD)
4. Present Weather(WW)

فصل و ماه مشخّص شد. این کار برای چهار فصل و ۱۲ ماه انجام و فراوانی و تعداد روز در هر فصل شناسایی شد. این فرایند قابلیتِ گردوغبارِ هر ایستگاه با دورهٔ آماری متفاوت را آشکار می‌کند. در ادامه با دادهٔ جهت و سرعت باد روز گردوغبار، گلباد در طی سال، فصل و ماه ترسیم گردید، تا تعیین شود مثلاً در ماه خاص (ماه اوت)، گردوغبار از چه مناطقی وارد می‌شود. در این بخش سرعت و جهت گلباد برای همان ساعتِ وقوعِ گردوغبار ترسیم شد و روزهایی با چند نوبت ثبت گردوغبار، ساعت ۱۲ گرینویچ با بیشینهٔ ثبت گردوغبار، مبنا قرار گرفت. به‌منظور تعیین چگونگی تداوم، تداوم‌ها در سه مقیاس ۲ ، ۳ و ٤ روز و نیز بیشتر تعیین و نسبت به کلّ روز گردوغبار در ایستگاه، درصد وقوع تداوم برای هر ایستگاه محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد به‌منظور تحلیل حداکثر زمان وقوع گردوغبار در طول شبانه‌روز با ۸ نوبت برداشتِ داده، برای هر ایستگاه، فراوانی وقوع برای ساعات هشت‌گانه محاسبه و نمودارها ترسیم شد، تا نشان دهد بیشترین ساعت وقوع گردوغبار هر ایستگاه چه زمانی است. لازم به ذکر است در این مرحله کلّ تعداد گردوغبارها ثبت شده و در ساعات مختلف در طی دورهٔ مطالعه در مقیاس سالانه و فصلی بررسی گردید. در مرحلهٔ آخر برای هرکدام از مراحل بالا، نقشهٔ پراکندگی فضایی تهیه و تحلیل گردید. برای ترسیم نقشه‌ها با توجّه به تعداد روز گردوغبار و دیگر ویژگی این پدیده، از روش وزن‌دهی معکوس فاصله[1] استفاده گردید. همچنین علاوه بر توزیع فضایی، خطوط کنتوری فراوانی‌ها نیز ترسیم شد که الگوی فضایی ویژگی گردوغبار شمال شرق را نشان می‌دهد.



شکل ۲ـ تعداد ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دورهٔ مطالعه(هر ایستگاه از بدو تأسیس)

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۵

1. Inverse distance weighting (IDW)

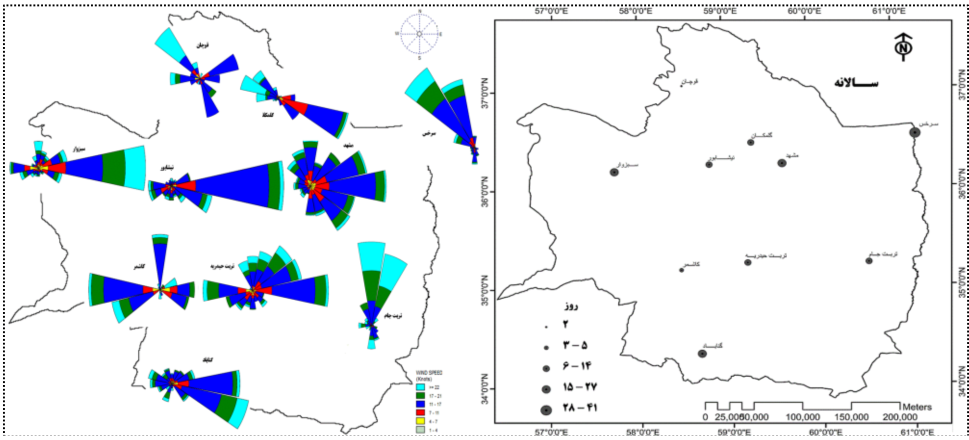
جدول ۱ـ مشخّصات روز گردوغبار در داده‌های هواشناسی سینوپتیک

مأخذ: علیجانی، ۱۳۸۵، ص.۲۷

کد	وضعیت جوّی	نشانه	کد	وضعیت جوّی	نشانه
۰۶	گردوغبار بدون جریان باد		۳۱	توفان گردوخاک سبک تا متوسّط	
۰۷	ماسه و گردوخاک با جریان باد		۳۲	توفان گردوخاک تشدیدشده طی ساعت گذشته	
۰۸	گردباد ماسه طی ساعت گذشته		۳۳	توفان گردوخاک شدید، تضعیف طی ساعت گذشته	
۰۹	توفان گردوخاک طی ساعت گذشته		۳٤	توفان گردوخاک شدید بدون تغییر طی ساعت گذشته	
۳۰	توفان گردوخاک سبک تا متوسّط ضعیف		۳۵	توفان گردوخاک تشدیدشده طی ساعت گذشته	

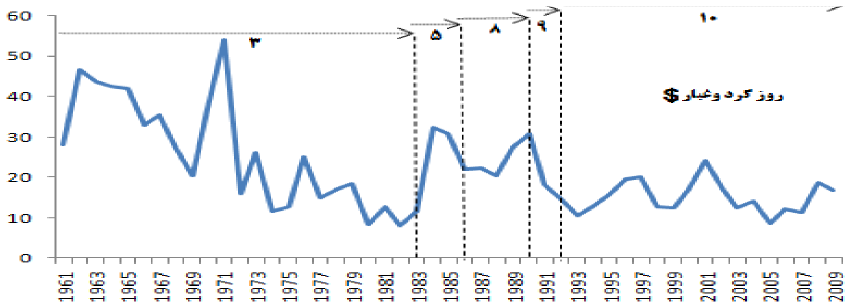
یافته‌های تحقیق

الف: پراکنش گردوغبـار: الگوی فضایی گردوغبار(شکل ۳)، حاکی است سرخس با میـانگین ۲٤ـ٤۰ روز در سال بیشترین گردوغبار را دارد. مناطق شرق، جنوب و شمال‌غربـی بـا ۱٦ــ۲۸ روز در مرتبهٔ بعد قرار دارند و مناطق مرکزی با ٤ ـ ۱٦ روز در سال، گردوغبار کـم دارنـد کـه قوچان و کاشمر با ۹ روز، کمترین گردوغبار را تجربه می‌کننـد. گلبـاد روز گردوغبـار حـاکی است غالب بادها با جهت شمال، شمال غرب، شمال شرق و شرق از ترکمنستان می‌وزنـد کـه در شرق و غرب شدیدترند. بخشی از گردوغبار کاشمر و تربـت‌حیدریـه از کـویر بجسـتان و بیابان دشت کویر است. بنابراین با توجّـه بـه گلبادها(شـکل ۳)، بیشـتر گردوغبـار از بیابـان و ریگزار ترکمنستان به شمال شرق ایران و بیابان دشت کویر و بجستان به‌جز در جنوب غـرب، تأثیر کمی بر گردوغبار دارند.



شکل۳ـ پراکنش روز گردوغبار و جهت باد در استان خراسان رضوی

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

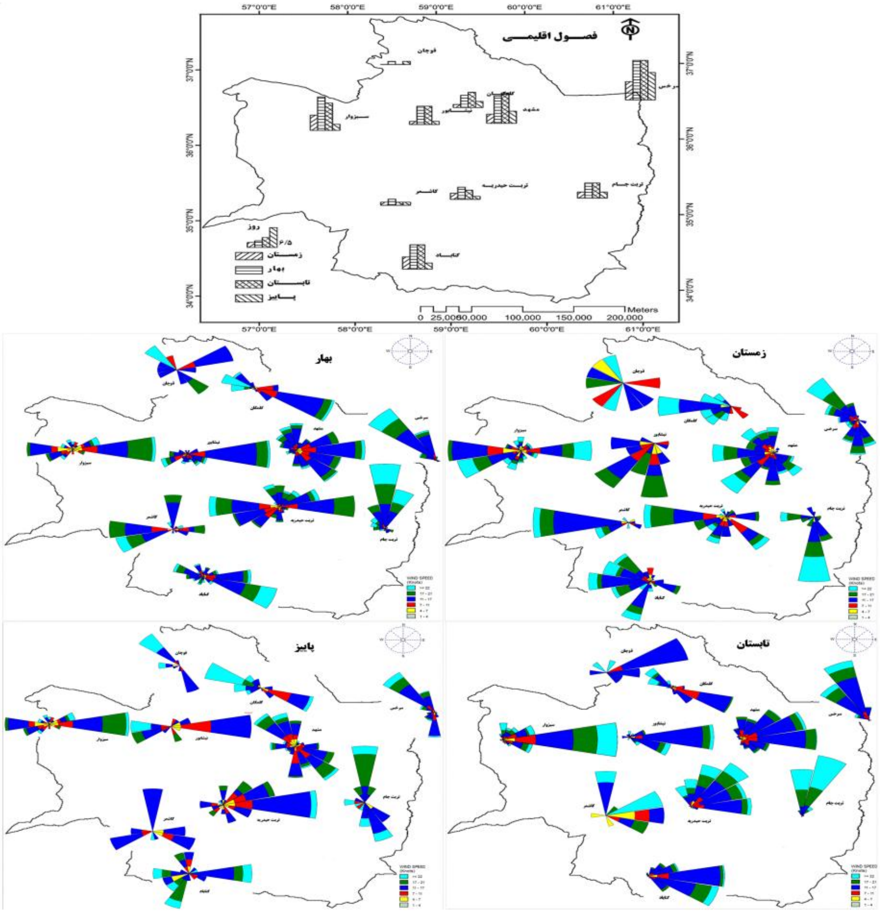


شکل٤ـ سری زمانی گردوغبار در استان خراسان رضوی(اعداد نشانهٔ تعداد ایستگاه در دورهٔ مذکور است.)

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

سری زمانی روزهای گردوغبار از ۱۹۶۱ ـ ۱۹۸۳، روندِ کاهشیِ معنی‌دار دارد(شکل ٤). در این بازه از سری زمانی با سه ایستگاه (مشهد، سبزوار و نیشابور)، بیشترین گردوغبار در سال ۱۹۷۱ حادث گردید. بعد از این دوره، روند افزایشی در روزهای گردوغبار با ۵ و ۸ ایستگاه مشاهده می‌شود. از سال ۱۹۹۰ به بعد، با میانگین روزهای گردوغبار در ۹ و ۱۰ ایستگاه هواشناسی، روند کاهشی و از ۱۹۹۱، روزهای گردوغبار در منطقهٔ موردمطالعه، نوسان و فاقد روند معنی‌دار است. در این دوره به‌طورکلّی، گردوغبار در اطراف ۱۸ روز در سال نوسان دارد. الگوی فصلی گردوغبار (شکل ۵) حاکی است بیشترین گردوغبار زمستان با میانگین بیش از ٤روز در سرخس، سبزوار و گناباد و کمترین در قوچان، گلمکان، نیشابور و کاشمر با میانگین کمتر از ۲روز، و مناطق شرق و غرب با میانگین ۲ــ٤ روز حادث می‌گردد. گلباد زمستان (شکل ۵) نشان می‌دهد گردوغبار غالباً از غرب و جنوب غرب همراه با وزش باد شدید (سرعت بالای ۱۱ متر بر ثانیه) می‌وزد که این مسئله با ورود بادهای غربی، موقعیت سیکلون‌ها و جوّ ناپایدار در دشت کویر و کویر بجستان مرتبط است. با افزایش گردوغبار بهار با میانگین ۱ـ ۱۳ روز ، سرخس و سبزوار با بیش از ۱۰روز، بیشترین و قوچان، گلمکان، کاشمر و تربت‌حیدریه با کمتر از ۵ روز، کمترین گردوغبار و بقیهٔ نقاط، ۵ــ۱۰روز گردوغبار دارند. بیشترین گردوغبار در بهار حادث می‌گردد، به‌طوری‌که حتّی قوچان به‌طور میانگین حداقل ۱روز گردوغبار را تجربه می‌کند. گلباد روز گردوغبار بهار، جهت باد شمال، شمال-غربی، شرق و جنوب‌شرقی از بیابان‌های ترکمنستان و شرق بوده که میزان دید به کمتر از ۱۰کیلومتر کاهش می‌یابد. این بادها در شرق و جنوب با سرعت شدید(بالای ۱۱ متر بر ثانیه) می‌وزند. الگوی تابستان بعد از بهار، بیشترین گردوغبار با میانگین ۰ـ۱۳ روز بوده و بیشترین

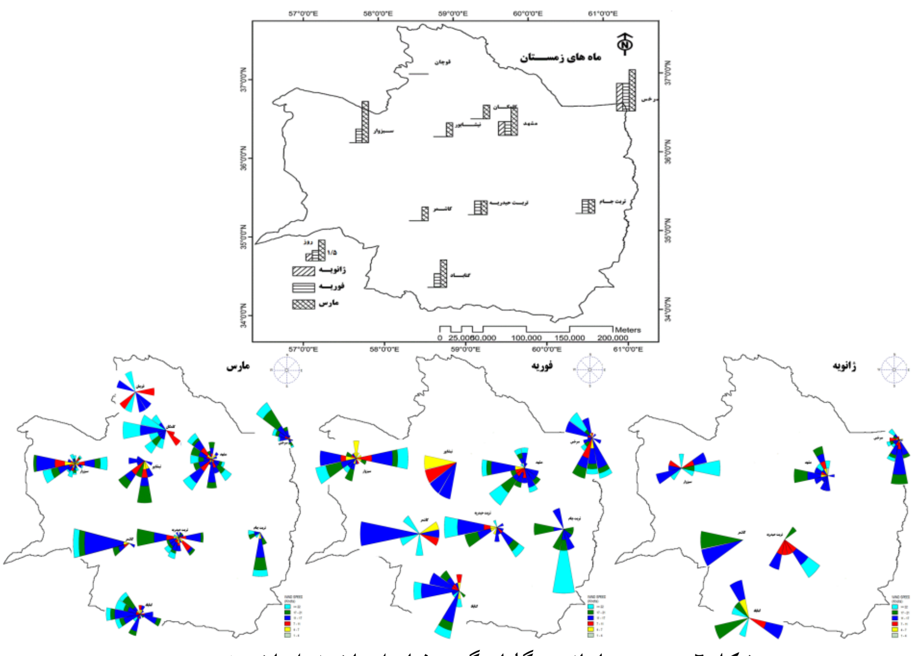
گردوغبار، به‌ترتیب در سرخس، مشهد، سبزوار، گناباد، نیشابور، تربت‌جام و گلمکان با میانگین ٦ـ ١٣ است. سرخس با بیش از ۱۰روز، بیشترین گردوغبارِ تابستان را دارد. بقیۀ مناطق با میانگین ۰–٦ روز و نیز مناطق شمالی فاقد گردوغبارند. در تابستان، بادهای شمال، شمال‌شرقی، شرق و جنوب‌شرقی می وزند و سرعت باد در کاشمر و تربت‌حیدریه بیش از ۱۱متر بر ثانیه است. منبع گردوغبار بهار و تابستان، بیابان ترکمنستان و شرق منطقه است. پاییز با میانگین ۱–۹ روز گردوغبار است که سرخس با بیش از ٦ روز، بیشترین گردوغبار و مناطق دیگر، کمتر از ۳روز، گردوغبار دارند. خراسان رضوی در پاییز، کمترین گردوغبار را دارد. بادهای همراه با گردوغبار از جهت شمال، شمال غرب و شرق می‌وزند و در نیمۀ شمالی، شرق و جنوب استان افزایش سرعت(۲۲ نات) دارند.



شکل۵ـ توزیع فصلی و گلباد گردوغبار استان خراسان رضوی

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

الگوی ماهانهٔ گردوغبار (شکل٦، ۷، ۸، ۹) حاکی است میانگین گردوغبار ژانویه و فوریه در سرخس ۱ـ۲ روز و دیگر مناطق ۱روز است. کمترین گردوغبارهای شمال شرق ایران، در ماه ژانویه حادث می‌گردد. در گلباد روزهای گردوغبار ژانویه(شکل ٦)، بادها مرتبط با موقعیت سیکلون‌ها و ناپایداری هوا، از جهات مختلف و غالباً از شرق، غرب و جنوب می‌وزند. در ماه فوریه جهت غالب گردوغبار، به‌جز در سبزوار که جهت شرقی دارد، از جنوب و غرب است. در این ماه، بادها در مرکز و شرق با سرعت شدید و بیش از ۱۱ متر بر ثانیه می‌وزند. گردوغبار ماه مارس در سرخس، سبزوار، مشهد و گناباد با میانگین ۲ــ۳ روز است و دیگر مناطق کمتر از ۲ روز گردوغبار را تجربه می‌کنند. در این ماه بیشترین گردوغبارها در سرخس و سبزوار حادث شد و جریانات همراه با گردوغبار، از غرب، جنوب و شمال غرب وزیده که دراین‌میان، بادهای غربی شدید می‌باشند.

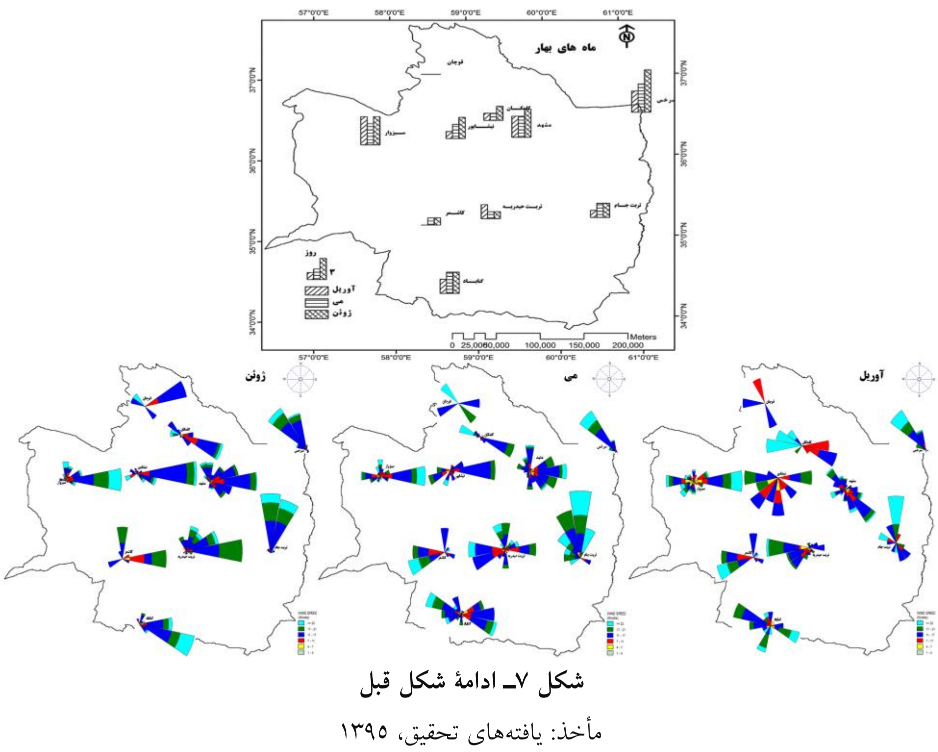


شکل٦ـ توزیع ماهانه و گلبادِ گردوغبار استان خراسان رضوی

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

میانگین روز گردوغبار ماه آوریل(شکل ۷) بین ۰ ـ ٤ روز و بیشترین گردوغبار با بیش از ۲ روز در سبزوار، مشهد و سرخس است و دیگر مناطق با میانگین کمتر از ۲ روز گردوغبار را تجربه می‌کنند. جهت ورود بادهای همراه با گردوغبار آوریل(شکل ۷) در شرق منطقه، شمال

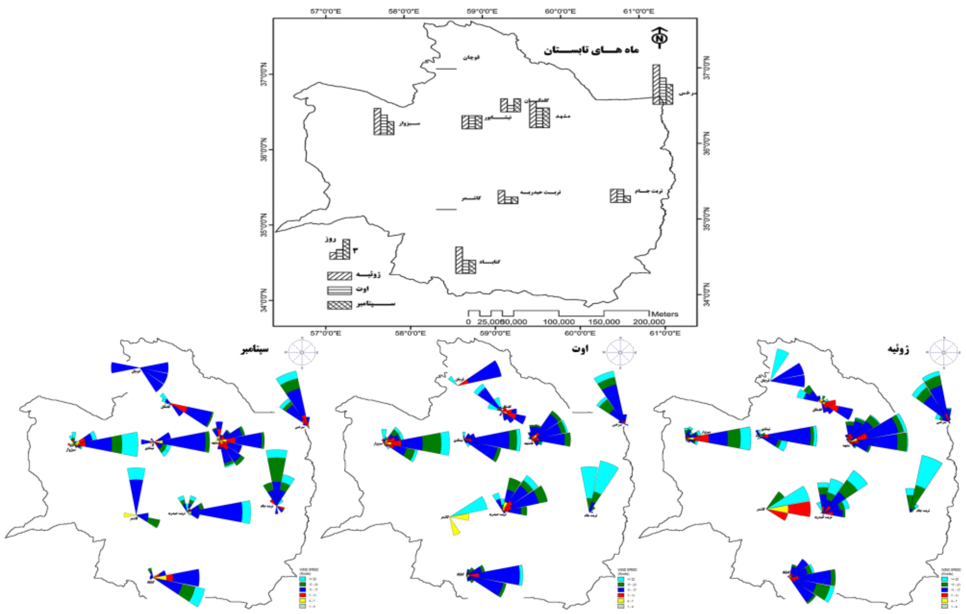
و شمال‌غربی و در دیگر مناطق از غرب و شرق بوده و باد غالب در سبزوار، شـرقی و شـدید، با سرعت بیش از ۱۱ متر بر ثانیه است. در ماه مـی، تعـداد روز گردوغبـار منطقـه، مشـابه مـاه آوریل بین ۰ـ٤ روز، امّا توزیع فضایی بیشینهٔ گردوغبارها با ۲ روز و بیشتر، مناطق بیشـتری از شمال‌شرقی، شرق، جنوب و شمال‌غربی را نسبت به ماه آوریل شامل می‌شود. در دیگر مناطق، گردوغبار کمتر از ۲ روز است. در ماه می، جهت جریانات گردوغبار ورودی به شـرق منطقـه، از جهـت شـمال، شـمال‌شـرقی، در منـاطق مرکـزی تـا شـمال‌غربـی از جهـت شـرقی و در جنوب‌غربی منطقه، از جهت غربی است. گردوغبارهای ماه ژوئـن بـا میـانگین ۰ ــ ٦ روز در منطقه، نسبت به ماه‌های قبل افزایش دارد. بیشترین گردوغبار با بـیش از ٤ روز در سـرخس و سبزوار و در مرتبهٔ بعد، در مشهد و گناباد و نیشابور و بخش غالب منطقه با میانگین ۲ـــ٤ روز مشهود است. در ماه ژوئن، کمترین روز گردوغبار با ۲ روز و کمتر، در قوچان، تربت‌حیدریـه و کاشمر حادث گردید. بادِ غالبِ ماه ژوئن در شرق منطقه از شمال، شمال‌غربـی و در منـاطق دیگر از شرق و جنوب‌شرقی است که بادها در شرق، جنوب و شمال‌غربـی منطقـه، شـدید و بالاتر از ۱۱ متر بر ثانیه می‌وزند.



شکل ۷ـ ادامهٔ شکل قبل

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

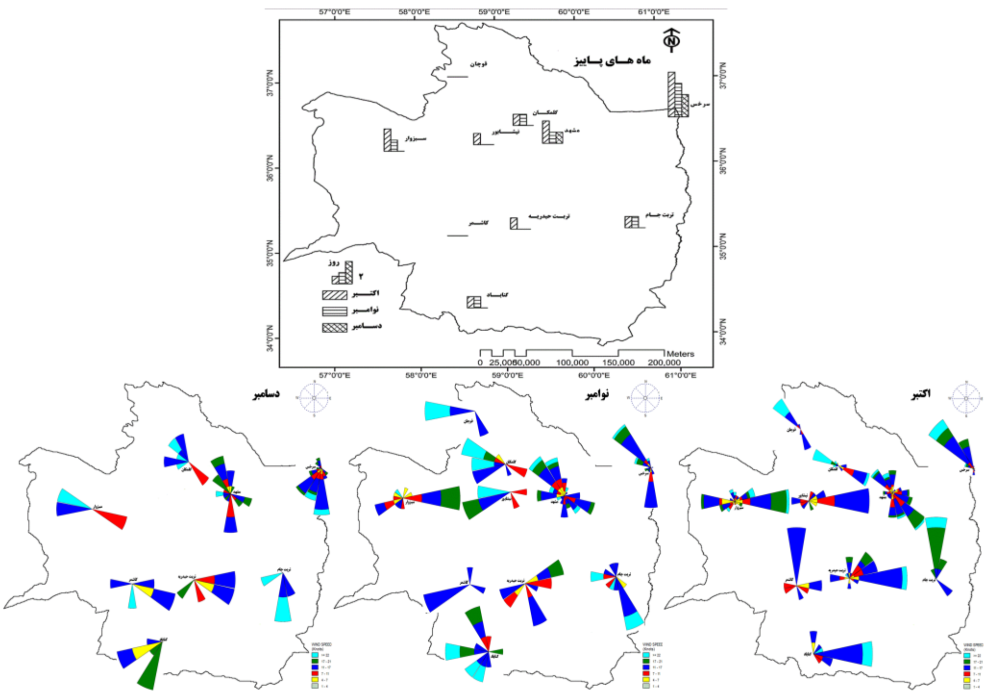
پراکنش گردوغبار ماه ژوئیه(شکل ۸) مشابه ماه ژوئن، با میانگین ۰ـ۶ روز در منطقه افزایش دارد، امّا گردوغبار در بخش بزرگی از خراسان رضوی با ۳ روز و کمتر مشهود است. بیشینهٔ گردوغبار در سرخس، سبزوار، مشهد و گناباد با میانگین بیش از ۳ روز است. جهت غالب گردوغبار ماه ژوئیه(شکل ۸)، شمال، شمال‌شرقی و شرق است که در غالب مناطق، باد با سرعت شدید و بالاتر از ۱۱متر بر ثانیه می‌وزد. روزهای گردوغبار ماه اوت در منطقه با میانگین ۰ـ۴ روز، نسبت به دو ماه پیش، کاهش نشان می‌دهد. در این ماه بیشینهٔ گردوغبار، در سرخس، مشهد و سبزوار با بیش از ۲ روز و دیگر مناطق با میانگین ۲ روز و کمتر، گردوغبار را تجربه می‌کنند. غالب بادها در ماه اوت، از جهت شمال، شمال‌شرقی و شرق و سرعت جریانات در شرق منطقه افزایش دارد. همچنین گردوغبار خراسان رضوی در ماه سپتامبر، نسبت به ماه قبل کاهش و با میانگین ۰ـ۳ روز حادث می‌گردد. بیشینهٔ گردوغبار این ماه، در سرخس و مشهد ۲ روز و بیشتر است و دیگر مناطق، کمتر از ۲ روز گردوغبار را تجربه می‌کنند. جهت باد غالب در ماه سپتامبر مشابه دیگر ماهای بهار، از شمال و شمال‌غربی، شرق و جنوب‌شرقی است. همچنین سرعت بادها در شرق و غرب و جنوب شدید است. در ماهای فصل تابستان، کاشمر و قوچان گردوغبار ندارند.



شکل ۸ـ ادامهٔ شکل قبل

مأخذ: یافته های تحقیق، ۱۳۹۵

الگوی توزیع مکانی گردوغبار ماه اکتبر (شکل ۹) در منطقه با میانگین ۰ـ٤ روز؛ به‌ترتیب، سرخس، مشهد و سبزوار با میانگین ۱ــ٤ روز و فقط سرخس با بیش از ۲ روز، بیشترین روزهای گردوغبار را تجربه کرده و دیگر مناطق یک روز گردوغبار دارند. جهت غالب بادهای ماه اکتبر از شرق، شمال و شمال‌شرقی است که سرعت بادها در شرق و جنوب منطقه، شدید و به بیش از ۱۱ متر بر ثانیه می‌رسد. در ماه نوامبر، بخش غالبی از منطقه، یک روز گردوغبار داشته و سرخس بیش از ۲ روز، گردوغبار را تجربه می‌کند. در این ماه جهت غالب بادها در منطقه، از غرب، شمال غرب و جنوب غرب است که جریانات در شمال منطقه، به بیش از ۱۱ متر بر ثانیه می‌رسند. در ماه دسامبر و اواخر پاییز، روزهای گردوغبار در منطقه کاهش دارد و سرخس بین ۱ـ۲ روز گردوغبار را ثبت کرد. تعداد روزهای همراه با گردوغبار در دسامبر کاهش داشته است و قوچان و نیشابور، گردوغباری را در این ماه در طی دورهٔ موردمطالعه تجربه نکرده‌اند. جهت بادها از جهات مختلف شرق، غرب، شمال و جنوب است که نشانهٔ ورود سیستم‌های ناپایدار جوّی به منطقه و سیکلون‌های همراه است. در این فصل نیز، کاشمر و قوچان گردوغبار ندارند.



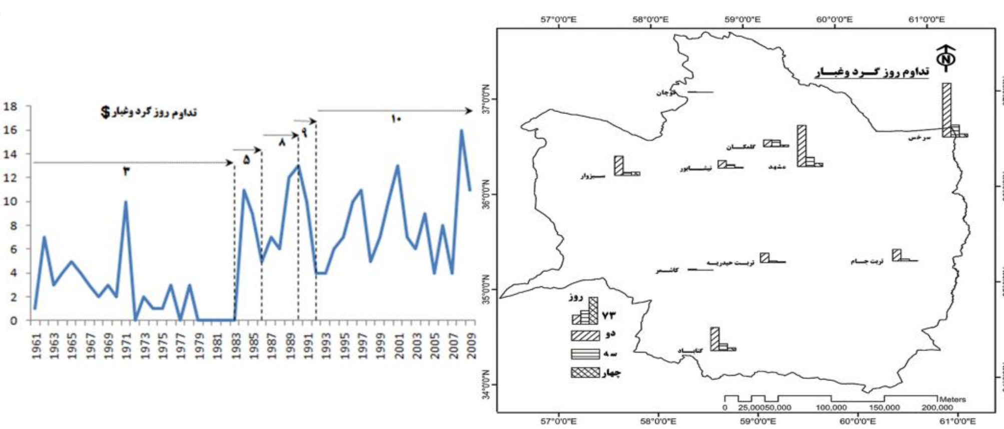
شکل ۹ـ ادامهٔ شکل قبل

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

بنابراین به‌طورکلّی، بیشترین گردوغبارهای منطقه به‌ترتیب در ماه ژوئن و ژوئیه است. منطقهٔ سرخس، بیشترین گردوغبارها را در طی ماهای سال دارد؛ قوچان، کاشمر و تربت‌حیدریه کمترین روزهای گردوغبار را تجربه می‌کنند. این امر حاکی از آن است که غالب گردوغبارهای منطقه از بیابان‌های شمال‌شرقی و دشتِ کم‌ارتفاعِ سرخس وارد شده و در جهت غربی در جنوب ارتفاعات بینالود تا سبزوار می‌رسند. بخشی نیز در جهت جنوبی در مناطق کم‌ارتفاع شرق منطقه به تربت‌جام، خواف و در شمال کوهای شمال خراسان جنوبی به گناباد با جهت شمال‌شرقی می‌وزند.

ب) تداوم گردوغبار: الگوی توزیع مکانی تداوم روز گردوغبار در منطقه (شکل ۱۰) نشان می‌دهد بیشترین تداوم گردوغبار استان خراسان رضوی، ۲روزه است که به‌ترتیب در سرخس(۱٤٥)، مشهد(۱۱۱)، گناباد(٦۲) و سبزوار (٥۲)، بیشترین تداوم حادث گردید و ایستگاه قوچان در شمال منطقه و کاشمر به‌ترتیب با ۱ و۲ نمونه، کمترین تداوم ۲روزهٔ گردوغبار را تجربه می‌کنند. همچنین ایستگاه سرخس، مشهد، گناباد و گلمکان به‌ترتیب، با ۳۲، ۲٥، ۱۸ و ۱۷ نمونه، بیشترین تداوم ۳روزهٔ گردوغبار را دارند و کمترین تداوم ۳روزه، در کاشمر، قوچان با عدم وقوع این تداوم، مشهود است. دیگر مناطق استان خراسان رضوی، کمتر از ۱۰ روز تداومِ گردوغبارِ ۳روزه را تجربه می‌کنند. الگوی توزیع مکانی تداوم گردوغبار ٤روزه و بیشتر حاکی است بیشترین تداوم گردوغبارها ٤روز و بیشتر، به‌ترتیب در مشهد، سبزوار، سرخس و گناباد با ۹، ۹، ۸ و ۷ نمونهٔ تداوم است و کمترین تداوم ٤روزه و بیشتر گردوغبارها در کاشمر و قوچان با عدم وقوع و در دیگر مناطق، کمتر از ٤ نمونهٔ تداوم حادث گردید.

همچنین سری زمانی تداوم گردوغبار بیش از ۲روز در منطقه(شکل ۱۰)، نشان داد از ۱۹٦۱ ـ ۱۹۸۳ با سه ایستگاه در منطقه، تداوم‌ها روند کاهشی دارد و از ۱۹۷۹ ـ ۱۹۸۳، تداوم بالاتر از ۲ روز در منطقه وجود ندارد. از ۱۹۸۳ به بعد با بیش از ٥ ایستگاه، میانگین تداوم‌های ۲ روز و بیشتر در سری زمانی افزایش داشته است و تا ۲۰۰۹، روند مثبت را طی می‌کند. در سال ۲۰۰۸، منطقهٔ شمال شرق ایران، بیشترین تداوم گردوغبار را تجربه کرده است.

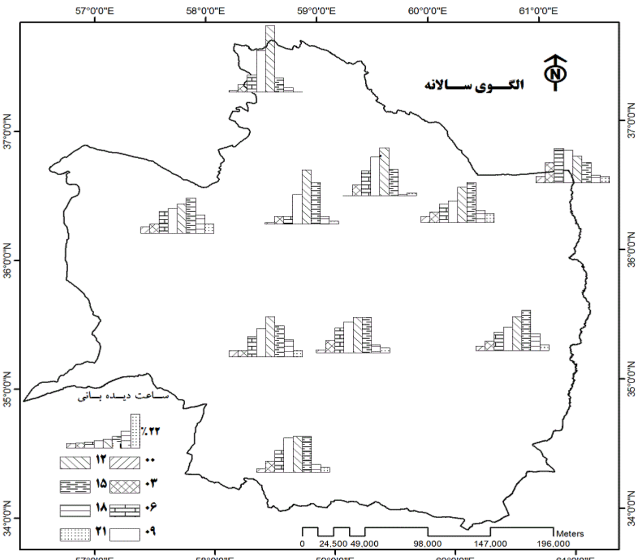


شکل۱۰ـ توزیع فضایی تداوم گردوغبار در استان خراسان رضوی

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

پ) رژیم ساعتی گردوغبار: در مقیاس سالانه بیشترین گردوغبار منطقه، در ساعت ۱۲ و ۱۵ گرینویچ ثبت گردید(شکل ۱۱). چنان‌که مشهد، تربت‌حیدریه، سبزوار و تربت‌جام در ساعت ۱۵ گرینویچ، و قوچان، گناباد، کاشمر، گلمکان و نیشابور در ساعت ۱۲ گرینویچ بیشترین گردوغبار را دارند. بیشترین گردوغبار سرخس، در ساعت ٦ گرینویچ است و برعکس دیگر نقاط، گردوغبارها در بعدازظهر کاهش دارد. به‌ترتیب، در ساعت صفر، بیشترین گردوغبار غرب و شرق با ۳ـ٤ درصد و کمترین در شمال مشهود است. در دیگر مناطق بین ۱ـ۳ درصد گردوغبار ثبت شد. درصد وقوع گردوغبار ساعت ۳ گرینویچ نسبت به ساعت پیش افزایش داشته است و سرخس با بیش از ۱۲درصد بیشترین ثبت گردوغبار را دارد. در دیگر نقاط کمتر از ۷ درصد گردوغبار در این ساعت ثبت گردید. ثبت گردوغبار در ساعت ٦ گرینویچ نسبت به ساعات پیش، افزایش داشت و بیشترین در سرخس با ١٦ـ۲۲ درصد حادث گردید. کمترین گردوغبار ساعت ٦ در نیشابور با کمتر از ۸ درصد بود و دیگر مناطق بین ۱۰ـ١٦درصد گردوغبار را تجربه کردند. در ساعت ۹ گرینویچ، تعداد ثبت گردوغبار نسبت به ساعات پیش افزایش داشت و در بخش غالب منطقه، بین ۱۸ـ۲۲ درصد گردوغبار ثبت شد. بیشترین سهم با ۲۲ـ۲۷ درصد را قوچان، گلمکان و کمترین سهم را مشهد، تربت‌جام، سبزوار و کاشمر دارند. ثبت گردوغبار در ساعت ۱۲ گرینویچ در منطقه، افزایش داشت و ۱۷ـ٤۳ درصد گردوغبارها در این ساعت حادث شد که قوچان، گلمکان و نیشابور با بیش از ۲۵ درصد، بیشترین هستند. کمترین سهم ثبت گردوغبار در سرخس با ۱۸درصد است. سهم درصدی

گردوغبار ساعت ۱۵ گرینویچ با ۹ـ۲۷ درصد نسبت به ساعت قبل کاهش دارد. بیشترین گردوغبار با ۲۱ـ۲۷ درصد در بخش غالب منطقه و کمترین در قوچان با کمتر از ۱۰درصد و کاشمر بین۱۰ـ۲۰ درصد، ثبت گردید. در ساعت ۱۸ گرینویچ سهم گردوغبار نسبت به ساعت قبل کاهش داشته است و در کلّ منطقه بین ۱ــ۱۲درصد گردوغبار حادث شد. کمترین گردوغبار این ساعت بین ۱ـ٤ درصد، در قوچان و بیشترین سهم در سبزوار، کاشمر و خواف بین ۸ـ۱۲درصد مشهود است. دیگر مناطق، بین ٤ــ۸ درصد گردوغبار را در این ساعت گزارش کردند. ساعت ۲۱ بعد از ساعت صفر گرینویچ، کمترین وقوع گردوغبار در منطقه را دارد، به‌طوری‌که در کلّ منطقه بین ۰ـ٦ درصد، گردوغبار گزارش شد. کمترین وقوع در قوچان، نیشابور و گلمکان بین ۰ـ۳ درصد، و دیگر مناطق بین ۳ـ٦ درصد گردوغبار در این ساعت را تجربه می‌کنند. بنابراین در ساعت صفر و ۲۱ گرینویچ، کمترین ثبت گردوغبار و به‌ترتیب در ساعت ۱۲، ۹ و ۱۵ گرینویچ، بیشترین وقوع گردوغبار در منطقه مشاهده گردید. ایستگاه سرخس برعکس دیگر نقاط، بیشترین ثبت گردوغبار را در ساعت ٦ گرینویچ دارد.



شکل ۱۱ـ رزیم ساعتی سالانهٔ وقوع گردوغبار

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

الگوی رژیم ساعتی گردوغبار زمستان(شکل ۱۲) حاکی از بیشینهٔ وقوع گردوغبار در ساعت ۱۲ و ۹ گرینویچ است. در این فصل بیشترین گردوغبار قوچان، سرخس و نیشابور در

ساعت ۹ و در دیگر مناطق ساعت ۱۲ گرینویچ می‌باشد. در ساعت صفر و ۲۱ گرینویچ، کمترین وقوع گردوغبار حادث شد. چنان‌که میانگین گردوغبار بین ۰ـ ۹ درصد است که بین ۳ـ٦ درصد در مناطق غرب، جنوب و شرق منطقه، و بیشترین سهم وقوع با میانگین ٦–۹ درصد در سرخس و کمترین در قوچان و گلمکان بین ۰ـ۳ درصد است. گردوغبار ثبت‌شدهٔ منطقه در ساعت ۳ گرینویچ با میانگین ۲ـ۱۹ درصد و در بخش عمدهٔ منطقه، بین ۵ـ۸ درصد افزایش دارد و بیشترین سهم در قوچان و سرخس بین ۸ـ۱۸ درصد و کمترین سهم در کاشمر و گناباد با ۲ـ۵ درصد است. گردوغبار ساعت ٦ گرینویچ در منطقه بین ۹ـ۱۵درصد، افزایش داشت و در بیشتر مناطق بین ۱۲ـ۱۵ درصد، گردوغبار ثبت شد. نیشابور و سبزوار، کمترین درصد بین ۹ـ۱۲ را تجربه می‌کنند. میانگین گردوغبار ساعت ۹ گرینویچ بین ۱۷ـ۳۸ درصد و بیشترین سهم وقوع با بیش از ۲٤ درصد در شمال منطقه و خواف است. سهم این ساعت در وقوع گردوغبار در دیگر مناطق کمتر از ۲٤ درصد است. بیشترین سهم زمانی گردوغبار ساعت ۱۲ گرینویچ در زمستان بین ۲۰ـ٤۱ درصد و بیشترین وقوع در کاشمر و گلمکان بیش از ۳٤ درصد و کمترین در سبزوار و گناباد با کمتر از ۲۷ مشهود است. دیگر مناطق بین ۲۷ـ۳٤ درصد وقوع گردوغبار زمستان را در این ساعت دارند. سهم درصدی ساعت ۱۵گرینویچ از روزهای گردوغبار منطقه بین ۰ـ۲۱ درصد است که نسبت به ساعت پیش، کاهش دارد. بیشترین وقوع گردوغبار با ۱٤ـ۲۱ درصد در عمدهٔ منطقه است و سرخس حداقل سهم را با کمتر از ۱٤ و قوچان با کمتر از ۷ درصد ثبت کردند. گردوغبارهای ساعت ۱۸ گرینویچ نیز کاهش داشته و ۰ـ۸ درصد از ثبت دیده‌بانی را شامل می‌شود. بیشترین وقوع گردوغبار در تربت‌حیدریه، مشهد، سرخس، نیشابور و سبزوار با ۵ـ۸ درصد و کمترین درصد سهمی در قوچان و گلمکان با کمتر از ۳ درصد و دیگر مناطق بین ۳ـ۵ درصد است. کمترین وقوع گردوغبار زمستان بین ۰ـ۸ درصد، در ساعت ۲۱ گرینویچ است. بیشترین گزارش گردوغبار در سبزوار بین ٤ـ۸ درصد و کمترین وقوع گردوغبار در بقیهٔ مناطق بین ۰ـ٤ درصد در این ساعت گزارش گردید.

الگوی رژیم ساعتی گردوغبار پاییز(شکل۱۲) نشان می‌دهد برعکس دیگر فصول، در کلّ مناطق استان به‌جز سرخس، الگوی ساعتی همگن مشهود است. در این الگو بیشترین گردوغبار در ساعت ۱۲ گرینویچ و کمترین در ساعت صفر و ۲۱ حادث گردید. مشهد و

نیشابور در ساعات صفر و ۳ گرینویچ، کمترین گردوغبار و سرخس در ساعت ۹ گرینویچ بیشترین گردوغبار پاییز را تجربه کردند. در ساعت صفر گرینویچ، کلّ منطقه بین ۰ــ۹ درصد ثبت گردوغبار را داشتند که بیشترین سهم در تربت‌جام با بیش از ٦ درصد و کمترین وقوع در نیمهٔ شمالی و جنوب است.

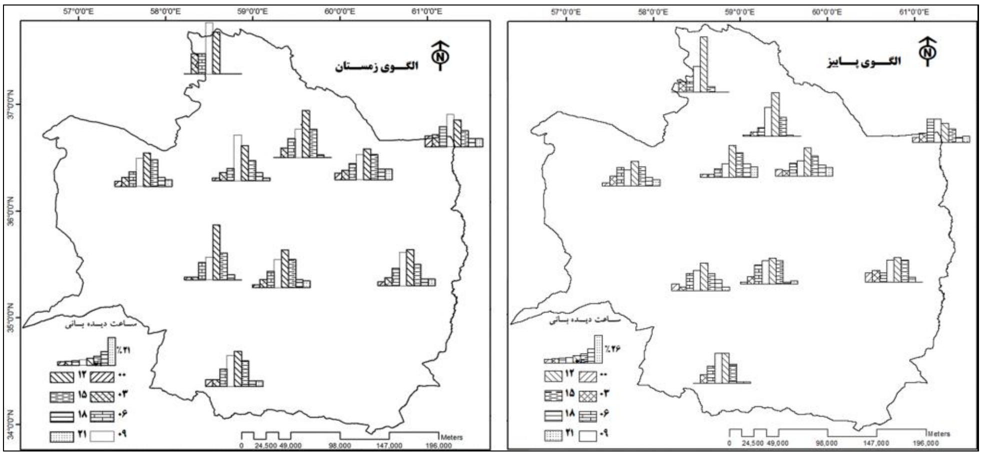
الگوی پراکنش زمانی گردوغبار ساعت ۳ با میانگین ۳ـ۱۱ درصد گردوغبار است و مناطق شمال‌شرقی تا جنوب‌غربی با ٦ درصد، کمترین و مناطق شمال‌غربی و جنوب‌شرقی با بیش از ۷ درصد، بیشترین سهم در این ساعت را دارند. در ساعت ٦ گرینویچ، ۸ـ۲۲درصد گردوغبار در منطقه و بیشینهٔ وقوع در سرخس با بیش از ۱۸ درصد حادث می‌گردد. کمترین وقوع در شمال و شرق منطقه با کمتر از ۱۳ درصد است و دیگر مناطق بین ۱۳ـ۱۷ درصد گردوغبار را تجربه می‌کنند.

الگوی پاییز ساعت ۹ گرینویچ، بین ۱۳ـ۲۸ درصد گردوغبار است و بیشترین سهم را مناطق شمال، شرق و جنوب منطقه با ۲۸ـ۲۰ درصد دارند. کمترین سهم در غرب تا شمال شرق منطقه با کمتر از ۲۰ درصد است. بیشترین سهم گردوغبار منطقه در پاییز با ۱۸ــ۵۲ درصد در ساعت ۱۲ گرینویچ حادث شد و مناطق شمال با بیش از ۳۳ درصد و دیگر مناطق با کمتر از ۲۹ درصد، سهم دارند.

الگوی ساعت ۱۵ گرینویچ منطقه، بین ۵ـ۲۳ درصد گردوغبار بوده و بخش غالب منطقه با بیش از ۱۷درصد و کمترین در قوچان با کمتر از ۹ درصد گردوغبار تجربه می‌گردد.

الگوی ساعت ۱۸ گرینویچ منطقه با ۰ــ۱۳ درصد گردوغبار پاییز بوده و بیشینهٔ آن در غرب، مرکز و مشهد با بیش از ٦ درصد است. دیگر مناطق کمتر از ٦ درصد گردوغبار دارند.

الگوی زمانی ساعت ۲۱گرینویچ بین ۰ـ۱۰ درصد سهم گردوغبار پاییز در منطقه بوده است و بیشترین سهم را سرخس، مشهد، نیشابور و سبزوار با بیش از ۵ درصد و دیگر مناطق کمتر از ۵ درصد گردوغبار گزارش کردند.



شکل ۱۲ـ فراوانی ساعتی گردوغبار دورهٔ سرد هر ایستگاه از بدو تأسیس

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

بیشترین گردوغبار خراسان رضوی در بهار حادث می‌گردد. الگوی رژیم ساعتی آن (شکل۱۳) نشان داد بیشینهٔ گردوغبار در ساعت ۱۲ و ۱۵ گرینویچ بوده است و قوچان، نیشابور و گلمکان در ساعت ۱۲ و دیگر مناطق به‌جز سرخس در ساعت ۱۵، بیشترین گردوغبار را دارند. الگوی این فصل مشابه رژیم سالانه است؛ بیشینهٔ گردوغبار سرخس در ساعت ٦ گرینویچ و کمترین گردوغبار در ساعت صفر و ۲۱ است.

الگوی توزیع گردوغبار ساعت صفر گرینویچ حاکی است بین ۰ـ۵ درصد گردوغبار در این ساعت بوده است و تربت‌حیدریه، مشهد و نیشابور با میانگین ۰ـ۲ درصد گردوغبار را ثبت کردند. دیگر مناطق ۲ـ۵ درصد گردوغبار بهار را در این ساعت تجربه می‌کنند. درصد ثبت گردوغبار منطقه در ساعت ۳ گرینویچ افزایش داشته و بین ۰ـ۱۵ درصد است. همچنین کمترین و بیشترین ثبت به‌ترتیب، کمتر از ۵ درصد در قوچان و بالای ۱۰ درصد در سرخس گزارش می‌شود. افزایش گردوغبار در ساعت ٦ گرینویچ با سهم ٦ـ۲۱ درصد است. بیشترین گردوغبار در سرخس با بیش از ١٦ درصد و کمترین در نیشابور و کاشمر با کمتر از ۱۱ درصد است. دیگر مناطق بین ۱۱ـ١٦ درصد گردوغبار را تجربه می‌کنند. در ساعت ۹ گرینویچ با میانگین ۱۱ـ۲۷ درصد گردوغبار بهار در منطقه حادث شد و بیشترین سهم را گلمکان، قوچان، نیشابور، تربت‌حیدریه و گناباد با ۱۹ـ۲۷ درصد گزارش کردند. دیگر مناطق در غرب و شرق، ۱۱ـ۱۹ درصد گردوغبار در این ساعت دارند. بیشترین ثبت گردوغبار بهار در ساعت

۱۲ گرینویچ با ١٤ـ٣٩ درصد در کلّ منطقه است. بیشترین وقوع در شمال با بیش از ٢٦ درصد و کمترین در سبزوار، تربت‌جام و سرخس با کمتر از ٢٤ درصد است و دیگر مناطق ۲۰ـ٢٦ درصد گردوغبار دارند. ساعت ١٥ گرینویچ بعد از ساعت ١٢، بیشترین سهم گردوغبار منطقه را با ١٤ـ٢٩ درصد دارد. بیشترین وقوع گردوغبار در این ساعت با ٢١ـ٢٩ درصد در غالب منطقه و کمترین با ١٤ـ٢١ درصد در شمال حادث شد.

الگوی ثبت گردوغبار ساعت ١٨ گرینویچ با میانگین ٣ـ١٦ درصد کاهشی است. در این ساعت بیشترین سهم در تربت‌جام، کاشمر و سبزوار با ٩ـ١٦ درصد و در دیگر مناطق، کمتر از ٩ درصد است. ساعت ٢١ گرینویچ بعد از ساعت صفر، کمترین سهم در بهار با ٠ـ٨ درصد گردوغبار را دارد. بیشترین گزارش گردوغبار در غرب و شمال شرق با میانگین ٤ـ٨ درصد و در دیگر مناطق، کمتر از ٤ درصد است.

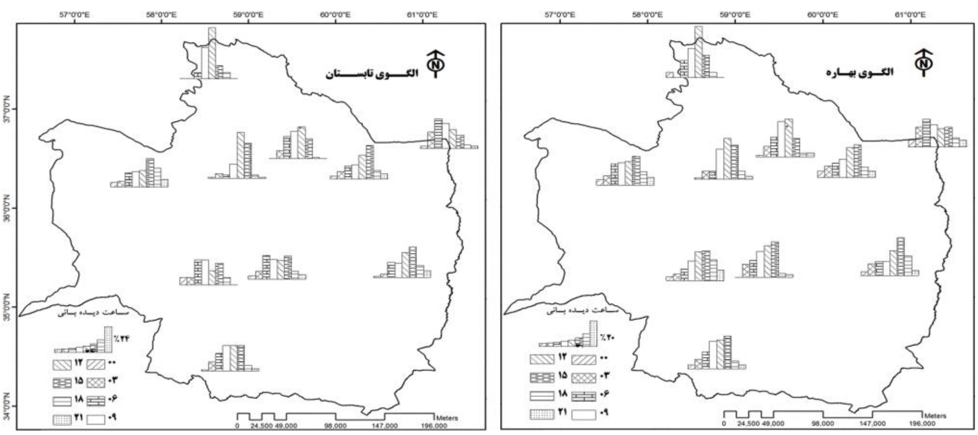
الگوی رژیم ساعتی تابستان (شکل۱۳) حاکی است بیشترین زمان وقوع گردوغبار منطقه در ساعت ١٥ و ١٢ گرینویچ حادث می‌گردد. بیشترین گردوغبار قوچان، گلمکان و نیشابور در ساعت ١٢، مشهد، سبزوار، گناباد و تربت‌جام در ساعت ١٥ و تربت‌حیدریه، سرخس و کاشمر در ساعت ٦ گرینویچ ثبت شد. کمترین وقوع گردوغبار منطقه در ساعت صفر و ٢١ گرینویچ است؛ به‌جز سبزوار و تربت‌جام که در ساعت صفر و ٣ گرینویچ، کمترین گردوغبار را تجربه می‌کنند.

الگوی گزارش گردوغبار در ساعت صفر گرینویچ بین ٠ـ٧ درصد است و سبزوار با بیش از ٣ درصد، بیشترین سهم را دارد. دیگر مناطق کمتر از ٣ درصد گردوغبار ثبت کردند. گزارش مکانی گردوغبار ساعت ٣ گرینویچ با میانگین ٠ـ١٥ درصد، افزایش داشته و بیشترین سهم در سرخس با بیش از ١٠ درصد و کمترین در بخش شمال و شرق در تربت‌جام با وقوع کمتر از ٥ درصد است. دیگر مناطق با میانگین ٥ـ١٠ درصد گردوغبار را تجربه می‌کنند. سهم ساعت ٦ گرینویچ با میانگین ٣ـ٢٧ درصد از گردوغبار تابستان است و نسبت به ساعات پیش، افزایش دارد. بیشترین سهم ثبت گردوغبار در تربت‌حیدریه، کاشمر و سرخس با بیش از ٢٠ درصد و کمترین سهم در نیشابور و قوچان با کمتر از ١٠ درصد است. مناطق دیگر ١١ـ١٩ درصد گردوغبار دارند.

الگوی ساعت ۹ گرینویچ با ۱۳ـ۲۹ درصد گردوغبار که بیشترین سهمِ درصدی در قوچان و گلمکان با بیش از ۲٤ درصد و کمترین از شرق تا غرب منطقه با کمتر از ۱۸ درصد است. دیگر مناطق در شمال و جنوب، ۱۸ـ۲٤ درصد گردوغبار را تجربه می‌کنند. بیشترین سهم وقوع گردوغبار تابستان در منطقه با ۱۳ـ٤۷ درصد در ساعت ۱۲ گرینویچ حادث شد. بیشترین گزارش در نیشابور و قوچان با بیش از ۳۳ درصد و کمترین سهم در غرب، جنوب غرب و شمال شرق با کمتر از ۲۲ درصد است.

الگوی ساعت ۱۵ گرینویچ با ۱۲ـ۳۵ درصد بعد از ساعت۱۲، بیشترین سهم را در منطقه دارد و بیشترین وقوع با بیش از ۲٤ درصد در تربت‌جام، مشهد، نیشابور و سبزوار و کمترین در سرخس و قوچان با کمتر از ۱٦ درصد است. دیگر مناطق بین ۱٦ـ۲٤ درصد گردوغبار در این ساعت از تابستان را گزارش کردند. سهم گردوغبار در ساعت ۱۸ گرینویچ با میانگین ۱ـ۱۷ درصد کاهش دارد و بیشترین گردوغبار در سبزوار و تربت‌جام به‌ترتیب با بیش از ۱٦و ۸ درصد است. کمترین سهم گردوغبار در گلمکان، نیشابور، سرخس، قوچان و گناباد با کمتر از ٦ درصد و دیگر مناطق بین ٦ـ۸ درصد گزارش شد.

الگوی ساعت ۲۱ گرینویچ مشابه ساعت صفر، بین ۰ـ۷ درصد ثبت گردوغبار و بیشینه در سبزوار و تربت‌جام با بیش از ۳ درصد و در دیگر مناطق، کمتر از ۳ درصد است.



شکل ۱۳ـ فراوانی ساعتی گردوغبار دورۀ گرم هر ایستگاه از بدو تأسیس

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

روند مکانی گردوغبار خراسان رضوی، شمال‌شرقی ـ جنوب‌شرقی است، چنان‌که بیشینهٔ گردوغبار در شمال‌شرقی و گردوغبارها در جنوب‌غربی و شمال منطقه، کاهش دارند. این روند فضایی حاکی از مسیر ورود گردوغبارها به منطقه از بیابان جنوب ترکمنستان و نیز بیابان‌ها و دشت‌های خشکِ پستِ شرقی است. همچنین جهت قرارگیری ارتفاعات، موقعیت جغرافیایی ایستگاه در شمال یا جنوب ارتفاعات و ارتفاع ایستگاه در کانالیزه‌کردن باد و سرعت آن اثر داشته و گردوغبار را از زمین‌های بایر و خشک در منطقه به‌همراه دارند، چنانکه ایستگاه سرخس کم‌ارتفاع‌ترین ایستگاه، بیشترین گردوغبار را تجربه می‌کند. بیشینهٔ گردوغبارها در منطقه غالباً در نیمهٔ گرم، بهار، تابستان و عمدتاً در ماه ژوئیه و کمترین گردوغبارها در نیمهٔ سرد در ماه دسامبر و ژانویه حادث شد که این روند زمانی در مناطق دیگر ایران نیز مشهود است؛ چراکه در ماهای سرد با ورود سیستم‌های جوّی مرطوب، خاک‌ها تثبیت می‌گردند. مسیر غالب ورود گردوغبارها به شمال شرق ایران از جهت شرق، شمال، شمال‌شرقی و شمال‌غربی است که در تابستان با جوّی پایدار در اثر پرفشارِ جنبِ حارّه، گرمایش سطح زمین، الگوی جوّی شرق دریای خزر و جنوب شرق ایران، منظّم و همگن‌ترند. در نیمهٔ سرد سال، گردوغبارها غالباً از جهات مختلف و عمدتاً غربی به ایستگاها می‌رسند که این امر حاکی از ورود سیستم‌های ناپایدار، الگوهای جوّی برون‌حارّه، موقعیت سیکلون‌ها و جبهه‌های سرد در نیمهٔ سرد سال است. گردوغبارها غالباً در شرق، جنوب و بخشی از شمال غرب منطقه، سبزوار، از تداوم بیشتری برخوردارند که این مرتبط با بادهای ۱۲۰روزهٔ شرق ایران در بهار و تابستان است که کانون جوّیِ آن به‌ترتیب، شرق دریای خزر و منطقهٔ سیستان در سطح زمین و پُرارتفاع جنب حارّه در سطوح میانی جو هستند. بیشینهٔ رژیم ساعتی گردوغبار شمال شرق ایران، ساعت ۱۲ و ۱۵ گرینویچ است و سرخس، برعکس دیگر ایستگاهای منطقه و مشابه با زابل در ساعت ٦ گرینویچ قبل از ظهر محلّی(بیشینهٔ تابش خورشید)، بیشترین گردوغبار را تجربه می‌کند. این شرایط حاکی از افزایش شدید دما در شمال شرق، وقوع زودهنگام گردوغبارها، ارتباط دمای سطحی با زمان آغازشدن آنها در شرق ایران و تداوم الگوهای جوّی خاص در این منطقه است. همچنین کاهش روزهای گردوغبار در جنوب‌غربی منطقه و کاشمر، تأییدی است بر اینکه گردوغبارهای شمال‌شرقی ایران غالباً از

ریگزارهای ترکمنستان، بیابان قره‌قوم و نیز بیابان‌های شمال‌شرقی منطقه می‌وزند و بیابان‌های غرب منطقه(دشت کویر) و کویر بجستان در جنوب‌غربی منطقه، نقش کمتری در وقوع گردوغبار دارند. بنابراین شناخت الگوهای جوّی و کانون‌های گردوغبار در شمال شرق منطقه به‌منظور مدیریت ریسک و بحران گردوغبار در شمال‌شرقی ایران مفید است.

کتابنامه

۱. اختصاصی، م.؛ احمدی، ح.؛ خلیلی، ع.؛ صارمی نایینی، م.ع.؛ و رجبی، م. ر. (۱۳۸۵) .کاربرد گلباد، گلتوفان، گلماسه در تحلیل فرسایش بادی و تعیین جهت حرکت ماسه‌های روان(مطالعهٔ موردی: حوزهٔ دشت یزد ـ اردکان). *نشریهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی*، *۵۹*(۳)، ۵۳۳ـ۵۴۱.

۲. امیدوار، ک. (۱۳۸۹). تحلیلی از رژیم بادهای شدید و توفانی یزد. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا(مدرّس علوم انسانی)*، *۱۴*(۱)، ۸۴ـ۱۰۵.

۳. امیدوار، ک.؛ نکونام، ز. (۱۳۹۰). کاربرد گلباد و گل‌غبار در تحلیل پدیدهٔ گردوخاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده(مطالعهٔ موردی: شهر سبزوار). *پژوهش‌های جغرافیایی*، *۴۳*(۷۶)، ۸۵ـ۱۰۴.

٤. جوهری، ف.؛ اونق، م.؛ حسینعلی‌زاده، م.؛ و عظیم‌محسنی، م. (۱۳۹۳). تحلیل فضایی گردوغبار در استان خوزستان. *دومین همایش ملّی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی*، ۱ـ۸.

۵. خالدی، ک. (۱۳۹۲). زیان‌های اقتصادی توفان گردوغبار بر استان‌های غربی ایران (مطالعهٔ موردی: ایلام، خوزستان و کرمانشاه). *مدل‌سازی اقتصادی*، *۷*(۲۳)، ۱۰۵ـ۱۲۵.

٦. رسولی، ع.ا.؛ ساری صرّاف، ب.؛ و محمّدی، غ.(۱۳۹۰). تحلیل روند پدیدهٔ اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با به‌کارگیری روش‌های آماری ناپارامتری. *فصلنامهٔ جغرافیای طبیعی*، *٤*(۱۱)، ۱ـ۱٦.

۷. رنجبر سعادت‌آبادی، ع.؛ عزیزی، ق. (۱۳۹۱). مطالعهٔ الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گردوغبار و مسیر حرکت ذرّات معلّق برای توفان جولای ۲۰۰۹. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، *٤٤*(۳)، ۷۳ـ۹۲.

۸. طاووسی، ت.؛ رئیس‌پور، ک. (۱۳۸۹). تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های شدید با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل سری‌های جزئی(مطالعهٔ موردی: منطقهٔ سیستان). *مطالعات جغرافیای مناطق خشک*، *۱*(۲)، ۹۳ـ۱۰۵.

۹. عزیزی، ق.؛ میری، م.؛ و نبوی، س. ا. (۱۳۹۱). ردیابی پدیدهٔ گردوغبار در نیمهٔ غربی ایران. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲ (۷)، ٦۳ـ۸۱.

۱۰. علیجانی، ب. (۱۳۸۵). *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*. چاپ دوم. تهران: انتشارات سمت.

۱۱. علیجانی، ب.؛ رئیس‌پور، ک.(۱۳۹۰). تحلیل آماری، همدیدی توفان‌های گردوخاک در جنوب شرق ایران(مطالعهٔ موردی: سیستان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲ (۵)، ۱۰۷ـ۱۳۲.

۱۲. فرج‌زاده اصل، م؛ علیزاده، خ. (۱۳۹۰) تحلیل زمانی و مکانی توفان‌های گردوخاک در ایران. برنامه‌ریزی و آمایش فضا(*مدرّس علوم انسانی*)، *۱۵* (۱)، ٦٥ـ۸٤.

۱۳. فرج‌زاده م؛ رازی، م. (۱۳۹۰). بررسی توزیع زمانی و مکانی توفان‌ها و بادهای شدید در ایران. *پژوهش‌های آبخیزداری(پژوهش و سازندگی)*، *۲٤* (۲)، ۲۲ـ۳۱.

۱٤. یاراحمدی، د؛ خوش‌کیش، ا. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پدیدهٔ گردوغبار در نیمهٔ غربی ایران در بازهٔ زمانی ۱۹۹۰ـ۲۰۰۹. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، *۱۳* (۳۱)، ۲۱۱ـ۲۲٥.

15. Chun, Y., Onboo, K., Kim, J., Park, S. U., & Lee, M. (2001). Synopsis, transport and physical characteristics of Asian dust in Korea. *Journal of Geophysical Research*, *106*(D16), 18461-18469.

16. Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T., & Enzel, Y. (2008). Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations. *International Journal of Climatology*, *28*(7), 915-924.

17. Goudie, A. S., & Middleton, N. J. (2001). Saharan dust storms: Nature and consequences. *Earth Science Reviews*, *56*(1-4), 179- 204.

18. Kutiel, H., & Furman, H. (2003). Dust storms in the Middle East: Sources of origin and their temporal characteristics. *Indoor and Built Environment*, *12*(6), 419– 426.

19. Natsagdorj, L., Jugder, D., & Chung, Y. S. (2003). Analysis of dust storm observed on Mongolia during 1937-1999. *Atmospheric Environment*, *37*(9-10), 1401-1411.

20. Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E., & Gill, T. E. (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics*, *40*(1), 1-31.